한국동물분류학회지 제9권 제2호
The Korean Journal of Systematic Zoology
Vol. 9, No. 2: 151-170 (December 1, 1993)

기름종개과(family Cobitidae)어류의 계통분류에 관한 연구. 2. 한국산 *Cobitis taenia* complex의 분류학적 고찰

양 서 영 · 이 혜 영 · 양 홍 준[1] · 전 상 린[2] · 박 병 상 · 김 재 흡
(인하대학교 생물학과, 1. 경북대학교 생물교육과, 2. 상명여자대학 생물학과)

Systematic Study on the Fishes of the Family Cobitidae (Pisces, Cypriniformes). 2. Taxonomic Study on the *Cobitis taenia* complex from Korea.

Yang, Suh-Yung, Lee, Hei-Yung, Yang, Hong-Jun[1], Jeon, Sang-Rin[2], Park, Byong-Sang, and Kim, Jae-Heup
(Department of Biology, Inha University, Inchon 402-751, Korea,
1. Department of Biology, Kyongbuk Natl. University, Taegu 702-701, Korea,
2. Department of Biology, Sangmyong Woman's University, Seoul 110-743, Korea)

ABSTRACT

Morphometric, band-pattern and electrophoretic analysis on *Cobitis taenia* complex were performed to investigate the morphological and genetic differentiation and to clarify their taxonomic status. Intermediate types of band-pattern (C and D type) were more frequently expressed than that of typical types of *C. t. taenia* (type A) and *C. t. lutheri* (type B). Sexual dimorphism of band-pattern was observed not only in *C. t. lutheri* but also in *C. t. taenia* and *C. t. striata* as well. Discriminant function analysis based on 19 morphological characters shows no significant differences among *C. taenia* complex. The degree of genic variation of *C. t. striata* was higher ($\overline{A}$=1.48, $\overline{P}$=31.2%, $\overline{H}_D$=0.082 and $\overline{H}_G$=0.009) than those of *C. t. lutheri* ($\overline{A}$=1.43, P=27.0%, $\overline{H}_D$=0.066 and $\overline{H}_G$=0.079) and *C. t. taenia* ($\overline{A}$=1.37, $\overline{P}$=24.7%, $\overline{H}_D$=0.058 and $\overline{H}_G$=0.065). The average genetic similarities between *C. t. taenia-C. t. lutheri* and *C.*

*본 연구는 1990년도 교육부 기초과학 육성연구비의 지원에 의한 것임.

t. taenia-*C. t. striata* were $\overline{S}$=0.62 and $\overline{S}$=0.66 respectively and these values indicate that *C. t. taenia* has evolved specific level of differentiation. *C. t. striata* and *C. t. lutheri* show subspecfic level of close genetic similarity ($\overline{S}$=0.82). Based on the divergent time estimate (Nei, 1975) it is assumed that *C. t. taenia* was branched off from the other subspecies about two million years before present (MYBP) and *C. t. striata* and *C. t. lutheri* were differentiated about 0.6 MYBP. The use of *C. sinensis* as the scientific name for the Korean *C. t. taenia*, proposed by Kim and Lee (1988) seems incorrect since they are quite different in the structure of lamina circularis (Vladycov, 1935), the external morphology and distribution (Cheng and Zheng, 1987) and the chromosome number (Yu *et al.*, 1989). Kim and Lee (1988) also argued that *C. t. striata* and *C. t. lutheri* should be treated as distinct species but the present study and other reports (Kim and Lee, 1984; Kim and Yang, 1993) do not support it. We conclude that *C. t. taenia* is a good species and *C. t. striata* and *C. t. lutheri* are subspecific status. Their scientific names should be revised in the future.

Key words: Taxonomy, *Cobitis taenia*, Sexual dimorphism, Morphology, Electrophoresis

서 론

한국산 기름종개과(family Cobitidae) 기름종개속(genus *Cobitis*) 어류는 체측반문과 수컷의 가슴지느러미 기부에 출현하는 골질반의 구조, 및 지리적 분포를 기준으로 현재까지 8종 및 아종이 분류보고되어 있다(Kim, 1980; Kim and Jeong, 1987; Kim and Lee, 1988; Yang *et al.*, 1989). 체측반문은 크게 점열형(spotted type), 종대형(stripe type) 및 횡반형(crossband type)의 3가지로 나뉘고, 점열형과 종대형에 속하는 *C. taenia* complex는 지리적 분포에 따른 체측반문 형태의 차이등 분류학적 특징에 의해 *C. taenia taenia* Linne(기름종개), *C. t. striata* Ikeda(줄종개) 및 *C. t. lutheri* Rendahl(점줄종개)의 3 아종으로 분류되었다(Kim, 1980). 그러나 *Cobitis* 속 어류의 주요 분류형질로 사용되는 체측반문과 골질반의 구조는 형태변이가 매우 다양하여 종 구분에 많은 혼란을 가져왔다(Vladycov, 1935; Ikeda, 1936; Aizawa, 1981; Kim *et al.*, 1991). 최근 Kim과 Jeong(1987)은 한국산 *C. t. taenia*의 체측반문 형태가 유럽산 *C. taenia*와는 현저한 차이가 있으나 중국산 *C. sinensis* Sauvage and Dabryi와는 유사하다고 하며 중국산 *C. sinensis*의 synonym이라 주장한 바 있고, Kim과 Lee(1988)는 아종으로 분류하였던 *C. t. lutheri*와 *C. t. striata* 간에는 체측반문 변이에 있어 *C. t. lutheri*는 성적이형현상이 나타나나 *C. t. striata*는 암수간 반문차이가 나타나지 않는 생리적 차이점과 눈밑가시, 골질반의 구조등의 차이를 들어 *C. t. lutheri*와 *C. t. striata*를 독립된 별종으로 취급하였다(Kim and Lee, 1988). 그러나 김 등(1992)은 *C. taenia* 3아종간 분류형질에 대한 지리적 변이 및 유전적 특징에 관한 종합적인 연구가 수행된 바 없이 형태적 특징만을 다루었고, 이미 보고된 타 연구 결과와 많은 차이가 있는 점을 들어 한국산 *C. taenia* complex의 3아종을 각기 독립된 별종으로 분류하는 데는 문제점이 있음을 지적하고 이들에 대한 면밀한 검토가 요구된다고 하였다.

본 연구에서는 Kim(1980)의 분류 및 분포체계를 기준으로 하여 *C. taenia* complex 3 아종

에 대한 형태형질을 면밀히 분석하는 한편 전기영동법에 의한 동위효소 분석을 실시 각 아종의 유전적 유연관계를 비교하여 이들의 분류학적 위치를 구명하고저 하였다.

재료 및 방법

실험재료는 1982년 7월 11일 부터 1991년 6월 6일 사이에 Kim(1980)의 분류 및 분포체계와 Jeon(1983)의 지리적 분포를 기준으로 각 아종을 분류, 채집하였다. *C. taenia* complex 중 낙동강에서 채집된 집단들은 *C. t. taenia*, 낙동강 서쪽에서 섬진강 수역은 *C. t. striata*, 그리고 섬진강 서쪽 남해안 유입하천 및 서해안 유입 하천의 집단은 *C. t. lutheri*로 구분하여 *C. t. taenia* 11개 집단, *C. t. striata* 6개 집단, *C. t. lutheri* 5개 집단등 총 22개 집단을 대상으로 투망(망목 5×5 mm), 족대(망목 3×3 mm) 및 전기충격기(300V)를 사용하여 채집하였다(Table 1). 본 논문에서 *C. taenia* complex 의 학명사용은 편의상 Kim(1980)의 분류체계를 따랐다.

형태측정을 위한 개체는 10% formalin 용액에 고정한 후, 70% alcohol에 보관하였다가 분석을 실시하였으며, 분석후에는 인하대학교 생물학과 표본실에 보존하였다. 계측형질은 Hubbs와 Lagler(1964)의 방법에 따라 Yang 등(1989)과 같이 어체 외부의 11개 부위를 측정하고 측정치에 대한 19개 형태측정비를 구하여 SPSS program(Nie *et al.*, 1975)을 이용 집단 판별분석(discriminant function analysis)을 실시하였다. 각 아종의 암수간 체측반문에 대한 성적이형현상(sexual dimorphism)의 차이를 분석하기 위하여 자연상태에서 채집되는 *C. taenia* 3아종의 다양한 반문형을 8가지로 구분하고(Fig. 1) 집단별 개체들의 반문형 빈도를 산출하였다.

동위효소 분석은 Selander 등(1971) 및 Yang 등(1989)의 방법에 따라 수평 전분 전기영동법(horizontal starch gel electrophoresis; HSGE)을 실시하였다. 전기영동으로 분석한 동위효소 및 비효소성 단백질의 종류와 buffer system은 Table 2와 같다. 각 종 및 집단별 유전자형을 이용하여 BIOSYS-1 program (Swofford and Selander, 1981)으로 유전자분석을 실시하였으며 이때 computer는 IBM PC 호환 기종을 사용하였다. 분석은 각 종 및 집단의 유전자빈도(allele frequency), 유전자당 평균대립인자수(A), 다형형빈도(% polymorphism, P) 및 유전자형에서 직접 관찰된 이형접합자 빈도(heterozygosity, H_D)와 유전자빈도에 의한 이형접합자 기대치 빈도(H_G)를 구하여 집단 및 종간의 유전적 변이를 조사하였다. 각 집단 및 종간 유전적 근연관계는 유전자 빈도를 토대로 하여 Rogers(1972)의 유전적 근연치(S)와 Nei(1972)의 유전적 차이치(D)를 구하였다. 또한 각 아종의 분화연대 산출은 Nei(1975)의 공식에 의하였다.

결 과

1) 반문변이분석

C. taenia 3 아종의 체측반문 변이형(Fig. 1)을 기준으로 각 아종의 암수간 성적이형현상 및 반문변이를 조사한 결과는 Table 3과 같다. Fig. 1의 A 는 Kim(1980) 이 보고한 전형적인 *C. t. taenia*의 반문형이며, B는 *C. t. lutheri* 암컷과 성적이형이 생기기 전 수컷의 반문형으로 Uchida(1939) 및 Kim(1980)이 보고한 점열형에 해당하는 반문형이다. F type은 종대형으로 *C. t. striata*의 전형적인 반문형태이고, H는 번식기에 나타나는 *C. t. lutheri* 수컷의 반

Table 1. Collection localities, dates and number of specimens of the 3 subspecies for the analyses of band-pattern on body side, external morphology, and electrophoresis. Letters under the number of specimens represent band-pattern (B), morphometric (M) and electrophoresis (E).

Collection locality	Date	Number of specimen for		
		B	M	E
C. t. taenia				
1. Munkyong: Kyongsangbuk-do,Mukyong-gun,Munkyong-eup	18, Jul. 1988	43	-	-
2. Kyongjoo: Kyongsangbuk-do,Kyongjoo-city	17, Jul. 1988	65	-	20
3. Hapchon: Kyongsangnam-do,Hapchon-gun,Hapchon-eup	26, Jul. 1986	58	48	20
4. Daeyang: Kyongsangnam-do,Hapchon-gun,Daeyang-myon	26, Jul. 1985	40	-	-
5. Sangjoo A: Kyongsangbuk-do,Sangjoo-gun,Konggum-myon	19, Jul. 1988	64	23	10
6. Sangjoo B: Kyongsangbuk-do,Sangjoo-gun,Konggum-myon	17, Jun 1988	27	-	-
7. Naeso: Kyongsangbuk-do,Sangjoo-gun,Naeso-myon	17, Jun 1985	20	-	10
8. Sanchong: Kyongsangnam-do,Sanchong-gun,Sindeung-myon	26, Jul. 1988	126	79	20
9. Chungsong: Kyongsangbuk-do,Chungsong-gun,Wolmak-myon	19, Jul. 1988	12	-	20
10. Andong: Kyongsangbuk-do,Andong-gun,Iljik-myon	19, Jul. 1988	26	-	-
11. Jinyang: Kyongsangnam-do,Hanam-gun,Jinyang-myon	11, Jul. 1982	15	-	-
C. t. striata				
12. Hadong: Kyongsangnam-do,Hadong-gun,Hwagae-myon	11, Jul. 1985	133	49	20
13. Bibong: Kyongsangnam-do,Sachon-gun,Sachon-myon	12, Jul. 1985	26	-	20
14. Chongeup: Chollabuk-do,Chongeup-gun,Sannae-myon	6, Jun 1991	17	-	18
15. Sachon: Kyongsangnam-do,Sachon-gun	25, Jul. 1985	42	37	20
16. Jinan: Chollabuk-do,Jinan-gun,Maryeong-myon	14, Jun 1984	8	-	-
17. Imsil: Chollabuk-do,Imsil-gun,Sinpyeong-myon	15, Jun 1984	34	34	20
C. t. lutheri				
18. Seungjoo A: Chollanam-do,Seungjoo-gun,Sangsa-myon	30, Jul. 1985	62	-	20
19. Seungjoo B: Chollanam-do,Seungjoo-gun,Sangsa-myon	20, Sep. 1985	45	86	-
20. Nonsan: Choongchungnam-do,Nonsan-gun,Chaewoon-myon	24, Jun, 1985	35	34	20
21. Haenam: Chollanam-do,Haenam-gun,Samsan-myon	28, Jul. 1985	19	-	20
22. Wanjoo: Chollabuk-do,Wanjoo-gun,Kosan-myon	10, Sep. 1985	29	26	-
23. Changheung: Chollanam-do,Changheung-gun,Changheung-eup	26, Apr. 1985	-	-	20

문형이다. 또한 C,D,E type은 *C. t. taenia* 및 *C. t. lutheri*의 자연집단에서 많이 출현하는 중간형태의 반문형으로서, C의 경우 crossband 제1열 및 제3열의 반점이 불완전한 연결형태를 보인다. D는 제1열이 거의 연결되어 종대형으로 나타나나 제3열은 반점형태로 남아있는 경우이며, E는 제1열의 후단부와 제3열의 등지느러미를 중심으로 후반부만 반점으로 있는 경우를 나타낸다. 3아종중 *C. t. taenia* 11개 집단, *C. t. striata* 6개 집단, *C. t. lutheri* 5개 집단 등 총 22개 집단 943개체를 집단별로 암수를 구별 반문형 출현빈도를 분리, 분석하였다(Table 3). *C. t. taenia* 는 암수간 반문형 빈도 차이가 있었다. *C. t. taenia* 암컷에서는 모두 6가지의 반문형이 관찰되었는데, 이 중 중간형인 C,D type의 빈도는 75%(230 개체)로 매우 높은 빈도

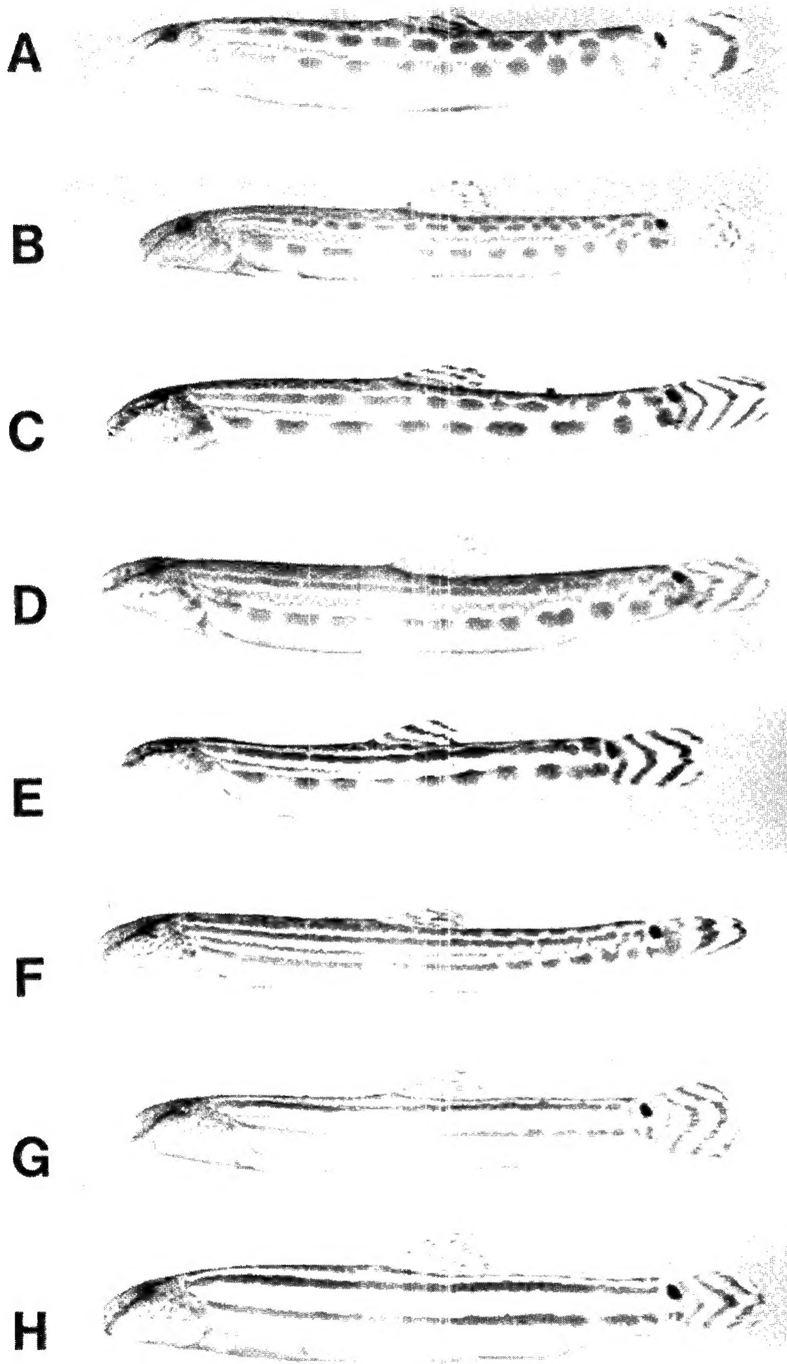


Fig. 1. Variations of band-pattern types on the body side of three subspecies of the *C. taenia* from Korea.

를 보였으나 종 고유반문형인 A type은 이보다 낮은 22%(67개체)로 나타났다. 또한 종대형 중 F type도 발견되었으나 0.98%(3개체)로 빈도가 매우 낮았다 *C. t. taenia* 수컷은 암컷에 비하여 다소 변이가 심하여 7가지의 반문형이 출현하였는데 전형적인 반문형인 A type은 190개체

Table 2. Buffer systems and enzymes for the analysis of horizontal starch gelelectrophoresis.

Buffer system	E.C. No*	Enzyme	Condition
TC II	1.1.1.37	Malate dehydrogenase (*Mdh-1,2*)	100V/3 hrs
(pH 8.0)	1.1.1.27	Lactate dehydrogenase (*Ldh-1,2*)	
	1.1.1.42	Isocitrate dehydrogenase (*Idh*)	
	1.4.1.2	Glucose dehydrogenase(*Gdh*)	
	2.7.5.1	Phosphoglucomutase (*Pgm*)	
	5.3.1.8	Mannose phosphate isomerase (*Mpi*)	
	1.1.1.8	Glycerol-3-phosphate dehydrogenase (*aGpd*)	
LiOH	N. S.**	Esterase (*Est-1,2*)	300V/3 hrs
(pH 8.1)			
Poulik	5.3.1.9	Phosphoglucose isomerase (*Pgi-1,2*)	250V/2.5 hrs
(pH 8.2)	1.1.1.1	Alcohol dehydrogenase (*Adh-1,2*)	
	N. S.	General protein (*Gp-2,3,4*)	
TM	2.6.1.1	Glutamate oxaloacetate transaminase(*Got-1,2*)	100V/5 hrs
(pH 7.4)	1.1.1.43	6Phosphogluconate dehydrogenase (*6Pgd*)	
	4.2.1.2	Fumarate dehydrogenase (*Fum-1,2*)	
	1.1.1.49	Glucose-6-phosphate dehydrogenase (*G6Pdh*)	
	1.9.3.1.	Indophenol oxidase (*Ipo*)	

* E.C. No.: Enzyme commission number

** N.S.: Non specific

중 12개체로 전체 수컷의 6.3%에 불과한 반면 중간형인 C,D,E type은 95개체로 50%를 차지했다. 한편 수컷에서는 종대형인 F,G,H type 반문형도 84개체로 43.7%의 높은 출현빈도를 보이며 암컷에서 F type 만이 0.98%의 낮은 빈도를 보인 것과는 큰 차이가 있었다.

*C. t. striata*의 경우는 전집단이 F,G,H type의 종대형에 제한되어 출현하고 있으며 비봉에서 채집된 암컷 1개체만이 D type의 형태를 보이고 있었다. 암.수별 반문형 빈도를 살펴보면 전체 암컷은 105개체 중 99개체(94%)가 *C. t. striata*의 전형적인 반문으로 보고된 F type에 해당하여 종 기재시의 반문특징과 잘 일치하고 있다. 그러나 수컷의 경우 F type이 15.1%(24개체)인 반면 *C. t. lutheri* 수컷의 번식기 반문특징인 H type이 40.3%(64개체)를 차지하고 F와 H의 중간형인 G type도 42.1%(67개체)의 빈도로 출현하는 암수간 반문변이의 차이를 보였다. 집단별로 가장 두드러진 차이를 보인 것은 하동에서 채집된 개체들로서 암컷에서는 F type이 약 95%, 수컷에서는 H type이 약 59% 출현하고 있어 주목되었다.

또한 체측반문의 성적이형 현상이 잘 알려진 *C. t. lutheri*의 경우 암컷에서는 C, D type이 주요 반문형으로 전체의 84.5%(87개체)를 차지하였으나 암컷의 전형적인 반문형인 점열형 B type은 전체의 13.6%(14개체)에 불과하였다. 암컷에서 종대형의 개체는 G type 1 개체만이 발견되었다. 수컷의 경우는 암컷에 비해 다양한 반문형이 출현하였는데 점열형(B type)은 불과 4개체인 반면 중간형인 C, D, E type은 57개체로 전체의 67.8%. 그리고 번식기의 수컷 특징인 종대형 H type은 전체의 26%를 차지하는 암수간 반문형 빈도 차이가 나타났다. 그러나 *C. t. lutheri* 에서는 암수 공히 종대형 반문형태 중 F type의 개체가 전혀 발견되지 않았다.

Table 3. Frequency distribution of band-pattern types in each populations within 3 subspecies of *C. taenia*.

Populations	N	SPOT		INTERMEDIATE			STRIPE		
		A	B	C	D	E	F	G	H
C. t. taenia									
female									
1. Moonkyong	30			1	26	2	1		
2. Kyongjoo	26	2		5	19				
3. Hapchon	25	4	1	5	13				
4. Daeyang	40	5		4	29		2		
5. Sangjoo A	16	1		11	4				
6. Sangjoo B	39	19		7	13				
7. Eunwon	17	8		6	3				
8. Sanchong	87	25		21	41				
9. Chongsong	7			1	6				
10. Andong	11	2		2	7				
11. Jinyang	7	1		1	5				
male									
1. Moonkyong	13			1	4		6	2	
2. Kyongjoo	39			4	9		5	14	6
3. Hapchon	33	1			6		1	16	9
4. Daeyang	–								
5. Sangjoo A	11	1		3	5	2			
6. Sangjoo B	25	4		1	12		6	2	
7. Eunwon	3			1	2				
8. Sanchong	39	5		9	10		6	7	2
9. Chongsong	5			1	3		1		
10. Andong	15			5	10				
11. Jinyang	8	1		1	6				
C. t. striata									
female									
12. Hadong	38						36	2	
13. Bipong	10				1		7		2
14. Maejookri	10						10		
15. Sachon	30						29	1	
16. Jinan	3						3		
17. Imsil	14						14		
male									
12. Hadong	95						9	30	56
13. Bipong	16						2	10	4
14. Maejookri	7						2	5	
15. Sachon	12						5	7	
16. Jinan	5						1	2	2
17. Imsil	20						5	13	2
C. t. lutheri									
female									
18. Isachon A	25			2	22	1			
19. Isachon B	32		3	3	26				
20. Nonsan	19	1	8	5	5				
21. Haenam	15		3		11			1	
22. Wanjoo	12			7	5				
male									
18. Isachon A	20				18	1		1	
19. Isachon B	30			3	21	2		1	3
20. Nonsan	16							1	15
21. Haenam	4								4
22. Wanjoo	17		4	5	6			1	1

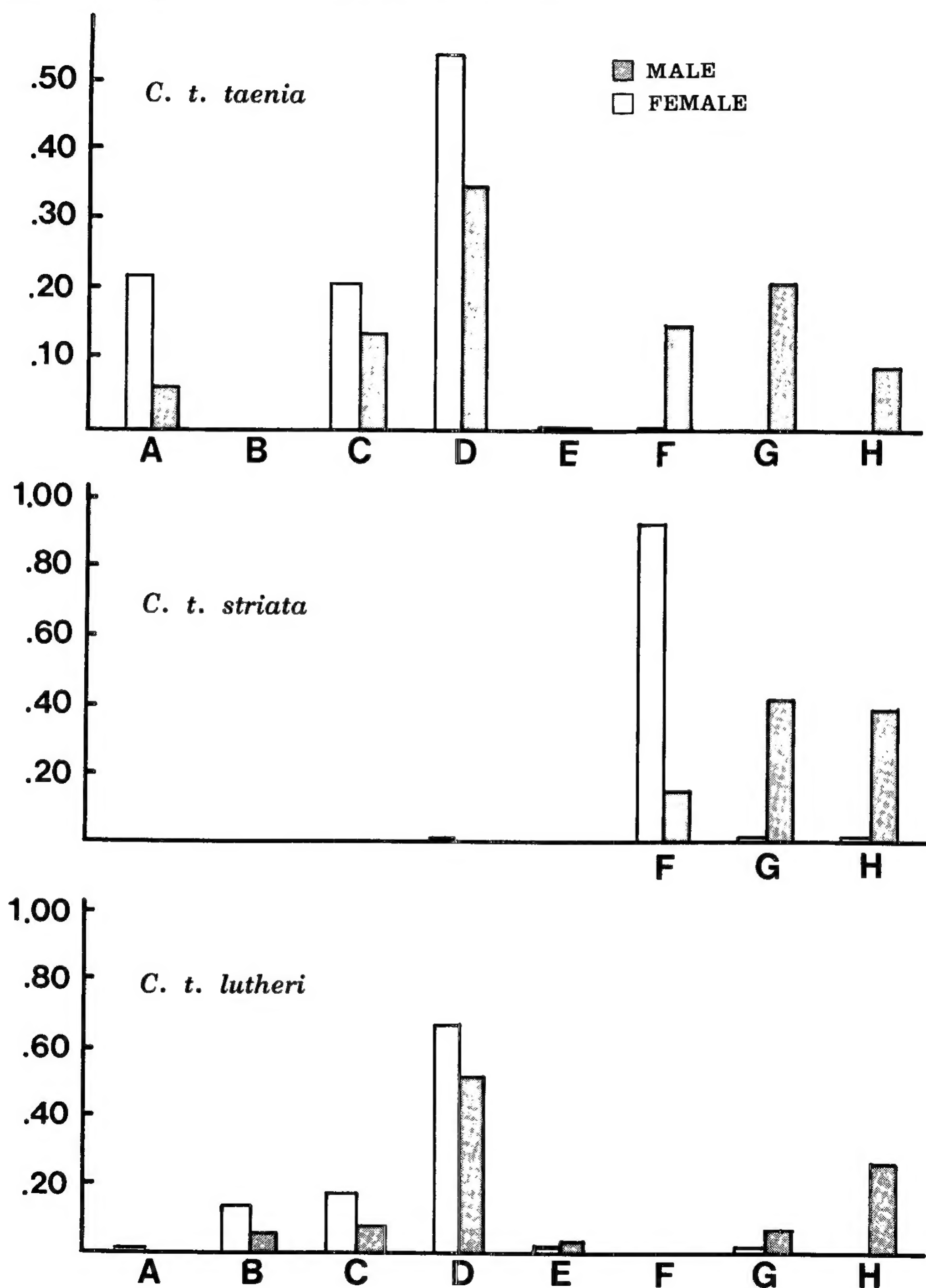


Fig. 2. Histogram of the frequency differences of band-pattern type between male and female within each subspecies.

Table 3 에서 보는 바와 같이 3아종은 모두 종기재 당시 보고된 각 아종의 특징적인 반문형태로 제한되지 않았고 *C. t. taenia*와 *C. t. lutheri*는 암.수 모두 반문형태가 중간형인 C, D type 이 주요 반문형으로 나타났다. *C. t. taenia* 수컷은 *C. t. striata* 및 *C. t. lutheri*와 일치되는 반문형을 포함하는 넓은 변이폭을 나타내며 3 아종 모두 성적이형현상의 경향이 뚜렷하였다. Table 3 에서 얻어진 반문빈도에 대한 결과를 종별로 도식화한 결과(Fig. 2)에서도 각 아종 반문형에 있어 암수간 뚜렷한 성적이형현상이 관찰되었고, 특히 *C. t. striata*와 *C. t. lutheri* 수컷개체의 반문형은 일부 중복되나 암컷의 반문형은 아종간 거의 중복됨이 없이 분리된다.

2) 외부형태분석

C. taenia 3 아종의 체측반문을 제외한 측정형질의 성적이형현상 유무를 알아보고자 형태분석을 실시하였다. 체측반문변이 조사가 완료된 22개 집단중 *C. t. taenia* 3개 집단(3, 5, 8), *C. t. striata* 3개집단(12, 15, 17), 및 *C. t. lutheri* 3개집단(19, 20, 22)등 9개 집단 416 개체를 대상으로 외부형태중 체장을 포함한 11개 부위를 측정하고 19개의 형태 측정비를 구하여 형

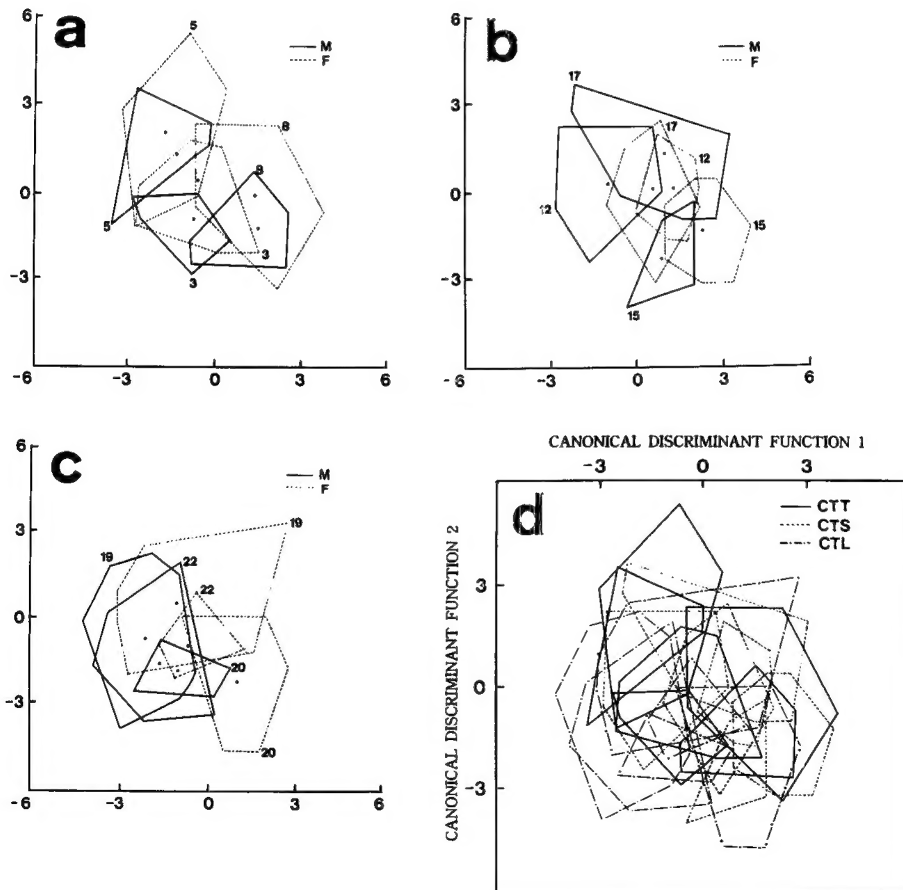


Fig. 3. Plots of the first and second discriminant functions for 6 populations of *C. t. taenia* (a, CTT), 6 populations of *C. t. striata* (b, CTS), 6 populations of *C. t. lutheri* (c, CTL) and all populations (d). M: male, F: female.

Table 4. Four of 19 body proportions showed differences among 18 populations of 3 subspecies of *C. taenia*. Values represent the mean ± SD.

Population	N	Sex	CPD/HL	SL/CPD	SL/HL	OD/BD
C. t. taenia						
3. Hapchon	21	female	.41 ± .023	11.43 ± .644	4.66 ± .158	3.69 ± .194
	27	male	.44 ± .023	10.64 ± .476	4.67 ± .117	3.54 ± .194
5. Sangjoo A	14	female	.39 ± .027	11.78 ± .688	4.57 ± .179	3.88 ± .218
	9	male	.39 ± .026	11.70 ± .596	4.59 ± .235	3.92 ± .166
8. Sanchong	67	female	.47 ± .024	10.79 ± .465	5.04 ± .186	3.42 ± .207
	12	male	.48 ± .025	10.25 ± .681	4.91 ± .226	3.28 ± .191
C. t. striata						
12. Hadong	10	female	.44 ± .018	11.19 ± .502	4.58 ± .939	3.42 ± .287
	39	male	.45 ± .023	10.38 ± .647	4.68 ± .162	3.47 ± .198
15. Sachon	27	female	.51 ± .028	9.97 ± .502	5.04 ± .160	3.28 ± .171
	10	male	.51 ± .020	9.42 ± .448	4.09 ± .329	3.17 ± .146
17. Imsil	18	female	.43 ± .036	11.27 ± .855	4.89 ± .188	3.48 ± .305
	16	male	.46 ± .027	10.47 ± .684	4.83 ± .184	3.40 ± .190
C. t. lutheri						
19. Seungjoo	47	female	.41 ± .036	11.30 ± .882	4.62 ± .175	3.73 ± .245
	39	male	.41 ± .028	11.00 ± .848	4.52 ± .174	3.58 ± .302
20. Nonsan	18	female	.45 ± .029	10.54 ± .638	4.77 ± .685	3.07 ± .262
	16	male	.46 ± .023	9.87 ± .339	4.58 ± .408	3.26 ± .151
22. Wanjoo	10	female	.45 ± .029	10.49 ± .486	4.65 ± .207	3.57 ± .158
	16	male	.44 ± .036	10.17 ± .629	4.45 ± .198	3.42 ± .271

태분석 형질로 사용하였다. 개체별 측정비를 이용하여 SPSS program에 의한 집단판별분석(discriminant function analysis)을 실시하였다. 19개 형질 중 대부분의 형질은 아종간 및 집단간 차이를 볼 수 없었으나 CPD/HL, SL/CPD, SL/HL 및 OD/BD등은 3 아종 공히 집단간 변이가 심하였다(Table 4). 19개 형태 측정비를 이용한 집단판별분석 결과(Fig. 3) 각 지역에서 암수별로 분리된 *C. t. taenia* 6개 집단(Fig. 3a), *C. t. striata* 6개 집단(Fig. 3b), 및 *C. t. lutheri* 6개 집단(Fig. 3c)등 18개 집단개체들은 외부형태 측정비에 의한 각 아종의 암·수간 차이를 볼 수 없었다. 또한 각 아종의 집단들을 암수 구분없이 3아종 전 개체를 동시에 집단판별분석한 경우에도 모두 중복되어 아종간의 차이는 볼 수 없었다(Fig. 3d). 형태분석에 이용된 18개 집단간 개체들 사이의 동질성을 조사해 본 결과(Table 5), 개체들의 형태변이가 매우 다양하여 타 집단 혹은 타아종 집단의 개체들과도 형태적으로 중복되어 나타났다. Table 5에서 보는 바와 같이 실제로 *C. t. taenia* 합천집단(3) 암컷의 경우 49%의 개체들이 *C. t. striata* 및 *C. t. lutheri* 개체들과 형태적 동질성을 보이고, 많은 집단의 개체들이 아종의 구별없이 동질성을 나타내는 형태적 변이를 보였다. 특이한 것은 성적이형현상이 뚜렷한 것으로 보고되어 있는 *C. t. lutheri*의 개체변이가 가장 적어 집단간 형태적 동질성조사에서 타 아종 개체들과 중복되는 경우는 전체의 20%로 *C. t. striata*의 25%, *C. t. taenia*의 23%에 비해 낮은

Table 5. Frequencies of grouped cases with related populations from actual populations within each subspecies of the *C. taenia* complex. Numbers refer to the collection localities listed in Table 1. F (female) and M (male) represent sex of each group.

	C. t. taenia						*C. t. striata*						*C. t. lutheri*					
Population	3		5		8		12		15		17		19		20		22	
	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M
3. Hapchon F.(21)	.57	.05	.05				.05						.09	.10	.09			
Hapchon M.(27)	.07	.44						.22			.15		.04	.04		.04		
5. Sangjoo F.(14)	.07		.79										.07	.07				
Sangjoo M.(9)			.56	.11									.22	.11				
8. Sanchong F (67)	.02	.02		.02	.62	.13	.02		.03		.08	.02					.03	
Sanchong M (12)					.08	.58		.08	.08							.08		
12. Hadong F.(10)							.40	.10			.30				.10			
Hadong M.(39)		.15						.64		.03	.08		.03			.08		
15. Sachon F.(27)					.04	.07			.85	.04								
Sachon M.(10)						.20				.80						.10		
17. Imsil F.(16)		.06	.13			.06		.13			.44				.13			
Imsil M.(18)			.06		.06	.11	.17		.06	.06	.22	.06		.11	.06	.06		
19. Seungjoo F.(47)	.17	.04						.19					.30	.19		.02	.06	
Seungjoo M.(39)	.08	.10						.03					.10	.56		.10		.03
20. Nonsan F.(18)								.06							.89		.06	
Nonsan M.(16)								.06						.06		.81	.06	
22. Wanjoo F.(10)		.10							.10					.10			.60	.10
Wanjoo M.(16)										.06						.06	.13	.75

변이를 보였으며 *C. t. striata*의 임실 수컷집단이 가장 변이가 심하여 18개집단중 11개 집단과 연관된 형태 변이를 나타내었고 집단 고유의 형태적 특징을 나타내는 개체는 22.2%에 불과하였다. 형태 변이가 가장 적은 집단은 *C. t. lutheri* 논산의 암컷 개체들로 88%의 집단 고유성을 보이고 있으며 3아종 모두 형태변이가 심하여 집단의 고유성이 80%이상을 보이는 경우는 *C. t. striata* 사천(15) 암수집단과 *C. t. lutheri* 논산(23) 암수집단 등 4개 집단에 불과하며 50% 이하의 일치성을 보인 집단이 7개 집단이나 있어 형태측정에 의한 각 아종 및 집단내 암수 구별은 거의 불가능 하였다.

3) 동위효소분석

3 아종 15개 집단에서 채집된 288개체를 전기영동하여 16개의 효소 및 비효소성 단백질에서 25개의 유전자를 검출하고 집단별 대립인자 빈도를 구한 결과는 Table 6 과 같다. 총 25개 유전자중 *Adh-1*, *Adh-2*, *Gp-2*, *Gp-3*, *Ldh-2* 및 *Mdh-2* 등 6개 유전자(24%)는 15개 집단 모두 동일한 대립인자로 변이가 전혀 없었으나 나머지 19개 유전자는 변이가 있었다.

Est-1, *Got-2*, *G-6-Pdh*, *6Pgd-1*, *Pgi-1* 및 *Pgi-2* 등 6개 유전자(24%)는 4개 이상의 대립인자를 가지며 다양한 변이를 나타내었다. *C. t. taenia* 집단들과 타 두 아종간은 대립인자

빈도차이가 크게 나타나 *Est-2*, *Fum-1*, *Ipo* 및 *6Pgd-2*의 4개 유전자(16 %)는 서로 다른 대립인자만을 소유하였으며 장흥($Gp\text{-}2^b$=0.05, $Pgi\text{-}1^b$ = 0.03)의 *C. t. lutheri* 집단만을 제외하면 차이가 뚜렷하였다. 변이가 많은 *Est-1*과 *Idh*의 유전자에도 *C. t. taenia*와 타 두아종 사이에는 대립인자의 빈도 차이가 많았다. *Got-2*는 *C. t. taenia*와 *C. t. striata* 사이에 대립인자 빈도가 유사하였으나 *C. t. lutheri*에서 차이가 나타나는 반면 *6Pgd-1*은 *C. t. straiata*가 *C. t. taenia* 및 *C. t. lutheri*와 대립인자 빈도 차이가 있었다. 각 아종내 집단간 유전자별 변이는 *C. t. taenia* 보다는 *C. t. striata*와 *C. t. lutheri*에서 많이 발견되어, *C. t. taenia*는 *Est-1*, *Mdh-1* 및 *Pgi-1* 등의 유전자에서 타 유전자 보다 많은 유전적 변이가 있었으나 *Est-1*을 제외하고는 모든 유전자에서 공통 대립인자를 공유하였다. 한편, *C. t. lutheri*에서는 *Got-1*, *Got-2*, *G-6-Pdh*, *Ldh-1*, *Pgi-1* 및 *Pgm* 등 6개 유전자(24%)에서 변이가 많았으며 집단간 변이 차이가 심하였다.

각 아종의 평균 유전적 변이정도(Table 7)를 비교하면 *C. t. taenia*가 $\overline{A}$=1.37, $\overline{P}$=24.7%, $\overline{H}_D$=0.058, 및 $\overline{H}_G$=0.065로 그 변이 정도가 가장 낮았고, *C. t. striata*가 $\overline{A}$=1.48, $\overline{P}$=31.2%, $\overline{H}_D$=0.082, 및 $\overline{H}_G$=0.099, *C. t. lutheri*는 $\overline{A}$=1.43, $\overline{P}$=27.0%, $\overline{H}_D$=0.066, 및 $\overline{H}_G$=0.079로서 3아종 중에서는 *C. t. striata*의 유전적 변이정도가 가장 높았다. 3아종 15개 집단의 평균 유전적 변이 정도는 $\overline{A}$=1.42, $\overline{P}$=27.5%, $\overline{H}_D$=0.072, 및 $\overline{H}_G$=0.080으로 타 어종의 평균 유전적 변이치와 유사하였다(Selander, 1976).

Table 6의 대립인자 빈도를 이용하여 Rogers(1972)의 유전적 근연치를 구한 결과는 Table 8과 같이 상주(5)와 내서(7)의 *C. t. taenia* 집단이 $\overline{S}$=0.971로 유전적 근연관계가 가깝게 나타났으며 경주(2)의 *C. t. taenia* 집단과 승주(18)의 *C. t. lutheri* 집단이 $\overline{S}$=0.556으로 가장 멀었다. 3아종의 집단간 평균 근연치는 *C. t. taenia* 6개 집단이 평균 $\overline{S}$=0.959(0.934-0.971)로 가장 가까운 반면, *C. t. striata* 5개 집단은 평균 $\overline{S}$=0.926(0.913-0.952), *C. t. lutheri* 4개 집단은 평균 S=0.850(0.796-0.915)으로 나타나 *C. t. lutheri*의 집단간 근연치가 가장 낮았다. *C. t. striata*와 *C. t. lutheri* 두 아종 사이의 집단간 평균 근연치는 $\overline{S}$=0.826(0.790-0.850)인 반면, *C. t. taenia*와 *C. t. striata* 및 *C. t. taenia*와 *C. t. lutheri* 사이의 집단간 평균 근연치는 각각 $\overline{S}$=0.656(0.612-0.691)과 $\overline{S}$=0.620(0.556-0.664)으로 나타나 *C. t. striata*와 *C. t. lutheri* 사이의 근연치가 *C. t. taenia*와 두 아종간의 유전적 근연치에 비해 현저하게 가까운 것을 알 수 있었다. *C. t. taenia*와 *C. t. striata*의 아종내 집단간 평균 근연치는 타 동물군의 집단간 근연치와 유사하나 *C. t. lutheri*의 집단간 근연치는 Avise(1976)가 보고한 동일종내 집단간 근연치 보다는 다소 낮았으며 *C. t. taenia*와 *C. t. striata* 및 *C. t. lutheri*의 평균 유전적 근연치는 Avise(1976)가 보고한 일반적인 어류 및 척추동물군의 종간 유전적 근연치와 유사하였다.

Table 8의 $\overline{S}$ 값을 토대로 3 아종 15개 집단의 유연관계에 대하여 UPGMA 방법으로 dendrogram을 작성한 결과는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 15개 집단은 $\overline{S}$=0.64에서 *C. t. taenia* 6개 집단과 타 두아종 9개 집단으로 크게 2 group으로 나누어 졌으며 *C. t. striata*와 *C. t. lutheri*는 $\overline{S}$=0.82에서 구분되었다. 그러나 유전적 근연관계에서 *C. t. lutheri*의 논산과 해남집단은 동일 아종내 승주 및 장흥집단 보다 *C. t. striata* 집단들과 유전적 근연관계가 가까운 것으로 나타났는데 이는 *Got-2* 및 *Pgi-1* 유전자의 대립인자 구성상의 차이에 기인한 것으로 추정된다. 또한 Table 5의 Nei(1972)의 유전적 차이치를 이용한 각 아종의 분화연대(Nei, 1975) 산출결과 *C. t. taenia*는 타 두아종과 신생대 제 4기의 홍적세 초기에 해당하는 약 200만년전에 분화되었고, *C. t. striata*와 *C. t. lutheri*는 홍적세 말기인 약 60만년전에 분화된 것으로 산출되었다.

Table 6. Allele frequencies obtained from 15 populations of 3 subspecies of *Cobitis taenia*. Numbers under the species name refer to the collection localities listed in Table 1.

Species / Pop. / Locus		*C. t. taenia*						*C. t. striata*					*C. t. lutheri*			
		2	3	5	7	8	9	12	13	14	15	17	18	20	21	23
Adh-1	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Adh-2	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Est-1	a							.375	.118	.083	.125	.225		.025		
	b	.300	.400		.156	.026	.200	.550	.735	.750	.575	.750	1.000	.975	1.000	1.000
	c	.625	.525	.900	.688	.789	.700				.025					
	d		.050	.050		.184	.075	.075	.147	.167	.275	.025				
	e	075	.025	.050	.156		.025									
Est-2	a														.075	
	b	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000									
	c							1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.900	1.000
	d														.025	
Fum-1	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000									
	b							1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.800	1.000	1.000	1.000
	c												.200			
Fum-2	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.605	1.000	1.000	1.000
	b												.395			
Gdh	a										.075					
	b				.050						.075					
	c	1.000	1.000	1.000	.950	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.850	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Got-1	a								.075		.025					
	b	.975	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.950	.925	1.000	.975	.975	.825	.975	.225	.975
	c	.025						.050	.025			.025	.175	.025	.175	.025
Got-2	a	.275		.125	.100	.075	.050	.300	.150	.400	.556	.225	.026	.050		
	b												.053	.950		
	c	.725	1.000	.875	.900	.925	.950	.700	.850	.600	.444	.775	.105		.775	
	d												.816			1.000
Gp-2	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000									.050
	b							1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.950
Gp-3	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Gp-4	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
aGpd	a		.087				.075				.125					
	b	1.000	.913	1.000	1.000	1.000	.925	1.000	1.000	1.000	.875	1.000	1.000	1.000	1.000	.950
	c															.050
G6Pdh	a							.075	.050							
	b								.025							
	c								.400	.917	.050	.050				.025

Table 6. Continued

Species		*C. t. taenia*						*C. t. striata*					*C. t. lutheri*			
Locus	Pop.	2	3	5	7	8	9	12	13	14	15	17	18	20	21	23
	d	1.000	.975	1.000	1.000	1.000	1.000	.850	.525	.083	.750	.950	.575	1.000	1.000	.925
	e		.025					.075			.200					.050
	f												.425			
Idh	a	1.000	.975	.900	.900	1.000	.725	.875	.225	.639	.850	.425	.275		.050	.375
	b		.025	.100	.100		.275	.125	.775	.361	.150	.575	.725	1.000	.950	.600
	c								.050							.025
Ipo	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000									
	b							1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ldh-1	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.875	1.000	1.000	1.000	.275	1.000	1.000	.125
	b								.125				.725			.875
Ldh-2	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mdh-1	a	.425	.025		.025					.025						
	b	.575	.975	1.000	.975	1.000	1.000	1.000	1.000	.975	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mdh-2	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mpi	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000									
	b							.875	.975	.944	.950	.875	.975	.850	.925	.900
	c							.125	.025	.056	.050	.125	.025	.150	.075	.100
6Pgd	a							.125	.075	.111		.025				.025
	b	.150	.175	.200	.075		.150	.750	.750	.889	.500	.975			.075	.125
	c				.025											
	d	.850	.825	.800	.900	1.000	.850	.125	.175		.500		.925	1.000	.900	.825
	e												.075			.025
	f														.025	
Pgi-1	a				.050											
	b		.050	.200		.100	.100									
	c	.025	.050		.025											
	d	.975	.900	.800	.925	.900	.900									.025
	e							.100						1.000	1.000	.200
	f							.900	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			.775
Pgi-2	a							.275	.025	.056	.125	.250				.025
	b	.400	.075	.150	.050	.100	.200								.150	
	c	.600	.925	.850	.950	.900	.800	.725	.975	.944	.875	.750	1.000	1.000	.850	.975
Pgm	a			.100	.075										.025	
	b	1.000	1.000	.900	.925	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.950	1.000	.575	1.000	.975	.600
	c										.050		.425			.400

Table 7. The genic variations among 15 populations of 3 subspecies of *C. taenia*.

Population	Sample size per locus (N)	Mean No. of alleles per locus (A)	Percentage of loci polymorphic (% P)	Mean heterozygosity	
				Direct (H_D)	Expected (H_G)
C. t. taenia					
2. Kyongjoo	20	1.3	20.0	.086	.089
3. Hapchon	20	1.5	28.0	.067	.070
5. Sangjoo A	10	1.3	28.0	.048	.061
7. Naeso	20	1.5	32.0	.055	.060
8. Sanchong	20	1.2	12.0	.021	.028
9. Chungsong	20	1.4	28.0	.070	.079
average		1.37	24.7	.058	.065
C. t. striata					
12. Hadong	20	1.5	36.0	.100	.110
13. Bibong	20	1.6	28.0	.076	.104
14. Chongeub	18	1.3	28.0	.064	.077
15. Sachon	20	1.6	40.0	.108	.126
17. Imsil	20	1.4	24.0	.064	.080
average		1.48	31.2	.082	.099
C. t. lutheri					
18. Seungjoo A	20	1.5	36.0	.087	.135
20. Nonsan	20	1.2	8.0	.020	.018
21. Haenam	20	1.4	28.0	.054	.064
23. Changheung	20	1.6	36.0	.102	.099
average		1.43	27.0	.066	.079

고 찰

기름종개속(genus *Cobitis*) 어류는 형태적 변이가 매우 다양하여 분류학적으로 논란이 많았고 비교 자료의 결여로 종의 기재가 불완전 하거나 틀린 경우가 종종 있었다(Ikeda, 1936; Nalbant, 1963). Vladycov(1935) 와 Ikeda(1936)는 기름종개속 어류의 수컷 가슴지느러미 기부에 출현하는 2차 성징인 골질반이 종 분류에 중요한 형질이 된다고 보고한 바 있으나 체측반문및 골질반의 형태가 매우 다양하여 종 구분에 많은 혼란이 있어 이들 형질을 이용한 분류체계는 논란이 많다. 일본의 경우 Aizawa(1981)는 체측반문의 변이에 대한 종전의 내용과는 상이함을 지적한 바 있고, Kim 등(1991) 은 *C. longicorpus*(왕종개) 체측반문의 특징과 골질반형태의 지리적 변이조사에서 Kim(1980)의 연구와 차이가 있음을 보고하였다. *Cobiti*속 어류중 *C. taenia*는 체측반문, 지리적 분포 등, 분류학적 특징에 의해 *C. taenia taenia*(기름종개), *C. t. striata*(줄종개) 및 *C. t. lutheri*(점줄종개)등 3 아종으로 분류되었다(Kim, 1980). 그러

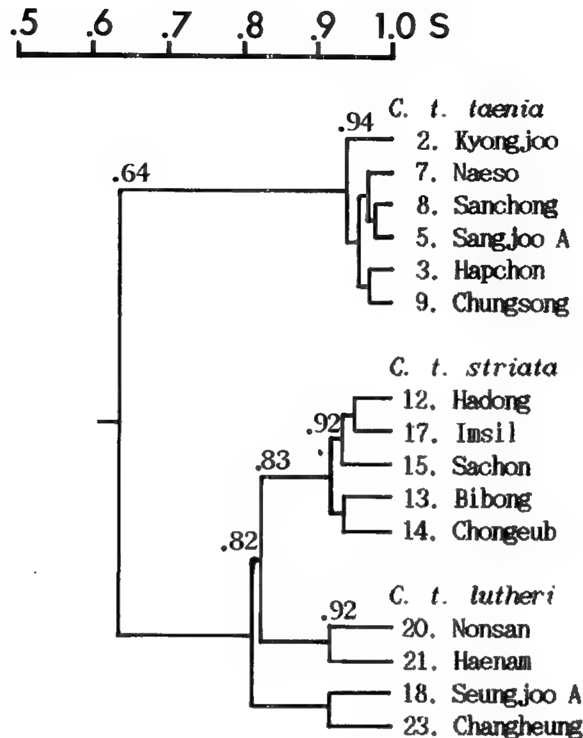


Fig. 4. Dendrogram of 15 populations of the three subspecies of *C. taenia* based on Rogers' (1972) genetic similarity coefficients.

나 Kim 과 Jeong(1987)은 한국산 *C. t. taenia*의 체측반문 및 형태적 특징이 유럽산 *C. taenia*와 다르며 중국산 *C. sinensis* 와 유사하다고 하여 중국산 *C. sinensis* Sauvage et Dabry, 의 synonym인 별종으로 재분류하고, 또한 동일종내 아종으로 분류하였던 *C. t. lutheri*와 *C. t. striata* 는 체측반문의 발현에 있어 *C. t. lutheri*는 성적이형 현상이 나타나나 *C. t. striata*는 암수간 반문차이가 나타나지 않는다는 생리적 차이점, 분포 및 골질반 구조차이를 들어 *C. t. lutheri*와 *C. t. striata*를 독립된 별종으로 재정리하였다(Kim and Lee, 1988). 그러나 이러한 견해는 본 연구결과 및 기존의 보고와 많은 차이가 있어 분류학적 혼란을 주고있다. 3아종에 대한 유전자 분석 결과 *C. t. taenia*는 타 두아종과의 근연치가 평균 S = 0.64로 일반적인 척추동물군의 종간근연치를 가지고, Lee 등(1986)의 염색체 분석결과 *C. t. taenia*는 2n = 48로서 *C. t. striata* 및 *C. t. lutheri*의 2n = 50과는 차이가 있어 독립된 별종으로 취급하는 것이 타당하다고 여긴다. 그러나 국내 *C. t. taenia*의 학명으로 Kim과 Lee (1988)가 동종이명으로 취급한 중국산 *C. sinensis*는 국내 기름종개와 직접적인 비교 연구가 실시되지 않았고, 기록상 체측반문과 주둥이 하부의 형태가 중국산 *C.sinensis*와 국내의 *C. t. taenia*는 차이가 있으며, 분포상 *C. sinensis*는 중국남단의 주강과 장강에만 제한서식하는 분포차이(Cheng and Zheng, 1987)가 있다. 골질반의 구조에 있어서도 Kim과 Lee(1988)는 한국산 기름종개의 골질반구조를 3개 형태로 구분하여 제시하며 뚜렷한 종간차이가 있다고 하였으나 한국산 *C. t. taenia*는 중국산 *C. sinensis*의 골질반 형태와 달리 나타나고(Vladycov, 1935), 종내에서도 복잡한 변이가 있어(Kim, 1992) *C. taenia* complex는 종특유의 골질반을 정하는 것이 어려울 것으로 사료된다. 더우기 *C. sinensis*의 염색체수는 2n = 40(Yu *et al.*,

Table 8. Roger's (1972) genetic similarity coefficients (S) among 15 populations of 3 subspecies of *C. taenia*. Numbers refer to the collection localities listed in Table 1.

Population	*C. t. taenia*						*C. t. striata*					*C. t. lutheri*			
	2	3	5	7	8	9	12	13	14	15	17	18	20	21	22
2. Kyongjoo		.951	.934	.942	.939	.946	.672	.623	.612	.662	.644	.556	.624	.637	.592
3. Hapchon	.012		.959	.968	.964	.969	.687	.651	.637	.691	.670	.582	.648	.655	.622
5. Sangjoo A	.019	.009		.971	.971	.967	.679	.637	.624	.676	.660	.574	.635	.649	.611
7. Naeso	.016	.004	.004		.970	.966	.678	.642	.627	.680	.659	.584	.647	.653	.617
8. Sanchong	.019	.007	.004	.003		.965	.670	.630	.618	.667	.651	.574	.645	.645	.603
9. Chungsong	.015	.005	.005	.004	.006		.682	.650	.638	.684	.675	.584	.651	.664	.623
12. Hadong	.364	.335	.353	.353	.362	.349		.918	.913	.941	.952	.790	.828	.832	.827
13. Bipong	.424	.383	.401	.398	.416	.382	.033		.932	.912	.940	.839	.844	.850	.842
14. Chongeub	.446	.412	.437	.435	.452	.424	.045	.025		.914	.921	.799	.812	.802	.812
15. Sachon	.360	.329	.350	.345	.351	.342	.012	.032	.043		.917	.810	.827	.828	.835
17. Imsil	.400	.364	.381	.382	.400	.368	.014	.014	.044	.027		.810	.844	.848	.843
18. Seungjoo A	.500	.460	.489	.470	.487	.462	.139	.102	.149	.111	.131		.813	.796	.915
20. Nonsan	.436	.404	.429	.411	.429	.394	.147	.122	.177	.132	.139	.134		.915	.846
21. Haenam	.424	.392	.415	.400	.416	.384	.131	.109	.174	.125	.121	.147	.059		.818
23. Changheung	.468	.432	.461	.444	.461	.437	.127	.106	.153	.106	.124	.023	.120	.144	

1989)으로 한국산 *C. t. taenia*(2n = 48)와 많은 차이가 있어 기름종개의 학명으로 중국산 *C. sinensis*를 사용하는 것은 타당성이 없다. 그러나 *C. t. striata* 및 *C. t. lutheri*의 집단간 평균 유전적 근연치는 S = 0.82로서 타 분류군의 아종간 유전적 근연치와 잘 일치하며, 핵형(Lee *et al.*, 1986)도 동일하고 자연잡종이 발생하는 점(Kim and Yang, 1993)등으로 보아 *C. t. striata* 및 *C. t. lutheri*를 별종으로 취급하는 Kim과 Lee(1988)의 분류체계는 검토가 요구된다. 또한 Kim과 Lee(1988)는 *C. t. striata*와 *C. t. lutheri*를 별종으로 분류하면서 이들은 골질반의 형태차이가 있다고 하였으나, 이는 골질반의 형태가 동일하다고 보고한 Kim(1980)의 보고와 상반된다. 더우기 골질반은 변이가 심하여 어느 특정 형태만으로 *C. t. striata*와 *C. t. lutheri*와 같이 유사한 분류군을 구분하기에는 부적합하다고 사료된다. 본 연구 결과 및 상기의 선행연구 결과를 종합할 때 *C. t. striata*와 *C. t. lutheri*는 핵형, 형태 및 유전적으로 매우 가까워 분류가 어려울 듯이 보인다. 그러나 Table 3과 Fig. 2에서 나타나듯이 지리적으로 구분된 *C. t. striata* 집단들에서는 암수 모두 점열형 및 중간형(A-E)의 반문형개체가 거의 나타나지 않고, *C. t. lutheri*집단들에서는 종대형 중 *C. t. striata* 의 전형적인 반문형인 F type의 개체가 전혀 발견되지 않는 아종간 차이를 보였다. 이러한 특징은 지리적 분포 차이와 잘 일치하는 결과로서 비록 형태측정상의 분류는 어려우나 반문형의 차이로서 *C. t. striata* 와 *C. t. lutheri* 의 분류가 용이함을 나타낸다. *C. t. striata* 와 *C. t. lutheri*는 형태, 분포, 핵형 및 유전적 특징 등이 아종의 개념에 잘 부합되며, 2차 접촉 지역에서 잡종이 높은 빈도로 발생하는 사실(김, 1985, Kim and Yang, 1993)은 생물학적 종의 개념에 입각하여 볼 때 두 분류군이 아종 수준의 분화가 이루어짐을 입증하는 것이다. 그러나 Kim과 Lee(1988)는 두 아종의 2차 접촉지역에서 두 아종이 독립된 반문특징을 보이고 있어 아종이상의 분

류학적 관계일 것으로 주장하였으나, 김과 이(1984)는 2차접촉이 일어나는 동진강일대에서 채집된 많은 수의 *C. taenia* 개체들이 형태상 종분류가 곤란하여 *C. taenia* complex라 칭하였다. 이는 *C. t. striata*와 *C. t. lutheri*사이의 연속적인 체측반문 변이의 결과로서 두아종의 생식적 격리가 이루어지지 않아 잡종이 발생한 것이며, 분류학적으로 아종수준임을 보여준 증거라 보고한 바 있다(김 · 이, 1984). 이러한 사실과 일치되는 경우로서 루마니아산 *Cobitis (Sabanejewia) aurata* complex의 2아종이 만나는 중간 수역에서 intergradation의 많은 표본이 출현한 경우가 보고된 바도 있다(Banarescu *et. al.*, 1972). 그러나 Kim 과 Lee(1988)는 상기의 연구결과들과는 달리 *C. t. striata*와 *C. t. lutheri*를 생리적 기작에 의한 성적이형현상의 유무에 의해 별종으로 취급하였으나, 본 연구의 암수별 반문변이 조사결과 한국산 *C. taenia* 3 아종 모두에서 체측반문의 성적이형현상이 관찰되었다. 이는 *C. t. lutheri*에서 만 성적이형현상이 발현된다는 Kim과 Lee(1988)의 보고와는 다른 결과로서 체측반문의 성적이형현상을 기준으로 *C. t. striata*와 *C. t. lutheri*를 별종으로 분류할 수 없으리라 여겨진다. 3 아종 중 *C. t. taenia* 의 많은 수컷개체들이 *C. t. striata*의 전형적인 반문형태인 종대형(F type) 반문을 보이고 있으며, 많은 *C. t. striata* 수컷개체가 *C. t. lutheri* 수컷의 번식기 반문형태(H type)를 나타내는 교차되는 변이를 보여 주목된다. 이로 미루어 Uchida(1939) 및 Kim(1980)이 보고한 낙동강 수역에서 발견되는 *C. t. striata* 반문형은 *C. t. taenia* 수컷개체에 해당하리라 여겨진다. 또한 *C. t. striata*를 제외한 *C. t. taenia* 와 *C. t. lutheri*의 경우에는 미기록 아종으로 보고될 당시의 종 특유 반문 형태인 점열형(A, B)보다 중간 형태(C, D, E)가 월등히 높은 빈도로 출현하고 있고, 원기재형의 빈도가 낮아 분류형질 자체에 대한 의문이 제기된다. 반문변이의 발생원인에 대한 각 아종별 상세한 비교연구는 수행된 바 없으나 유럽산 *C. taenia* 의 경우 계절별 호르몬 분비에 따른 반문변이가 보고되었고(Lodi, 1976), 국내 *C. t. lutheri*에서도 호르몬 분비에 의한 계절적인 반문변이가 발생하고 있는 것으로 보아(김 · 정, 1988) *C. taenia* 3아종의 체측반문변이는 계통분류학적으로 동일기원의 공통된 생리기작에 의한 것으로 추정된다. 유전적 근연관계에서 *C. t. lutheri* 일부 집단이 아종내 타집단들 보다 *C. t. striata*와 가깝게 나타났으나 *C. t. striata*와 *C. t. lutheri*의 유전적 근연치는 $\overline{S}$= 0.82 및 0.83으로 동일 종내의 집단간 근연치와는 차이가 있다. 이러한 경우에 있어 *C. t. lutheri*의 다형형 빈도 및 이형접합자 빈도등의 유전적 변이가 *C. t. striata* 보다 전체적으로 낮은 점과 *C. t. lutheri*의 지리적 분포양상을 고려할 때 지역적인 genetic drift 혹은 founder effect의 결과라 여겨지나 이점에 관하여는 앞으로 보다 면밀한 분석이 요구된다.

본 연구에서 얻어진 결과 및 선행연구를 토대로 하여 볼 때 기존의 한국산 *C. taenia* complex에 속해 있던 *C. taenia* 3아종을 각기 독립된 3개의 별종으로 취급하기 보다는 *C. t. taenia*는 독립된 종으로, *C. t. lutheri*와 *C. t. striata*는 아종관계로 분류함이 타당하다고 사료된다. 그러나 한국산 *C. taenia* 3아종은 유럽산 및 중국산과의 분류학적 문제점이 제기된 만큼 인근의 유사종들과 직접적인 비교 연구 후 학명사용에 대한 재검토가 실시되어야 할 것이다.

요 약

한국산 기름종개 3 아종의 분류학적 의문점을 해결하기 위하여 전국 23개 집단을 대상으로 체측반문을 비롯한 형태형질 분석과 전기영동법에 의한 유전자 분석을 실시하였다. 3 아종의 체측반문 변이 분석 결과 기름종개와 점줄종개에서는 각 아종의 특징인 점열형(A, B type: 14.5%)의 개체보다 중간형(C, D type: 51.0%)

의 빈도가 월등히 높았다. 기름종개 3 아종은 모두 암수간 체측반문 형태가 달리 발현되는 성적이형 현상이 뚜렷하였다. 형태계측 및 집단 판별분석에서 집단간 및 아종간의 뚜렷한 차이는 발견되지 않았다. 전기영동법에 의한 유전자 분석결과 3 아종중 줄종개 5개 집단의 평균 유전적 변이가 $\overline{A}$=1.48, $\overline{P}$=31.2%, $\overline{H}_D$=0.082 및 $\overline{H}_G$=0.099로서 기름종개($\overline{A}$=1.37, $\overline{P}$=24.7%, $\overline{H}_D$=0.058 및 $\overline{H}_G$=0.065) 및 점줄종개($\overline{A}$=1.43, $\overline{P}$=27.0%, $\overline{H}_D$=0.066 및 $\overline{H}_G$=0.079)에 비하여 높은 변이를 나타내었다. 각 아종의 유전적 근연관계에 있어 기름종개와 줄종개 및 점줄종개의 평균 유전적 근연치는 $\overline{S}$=0.64로서 일반적인 담수어류의 종간차이를 보였고, 줄종개와 점줄종개간은 $\overline{S}$=0.82로서 아종 수준의 유전적 근연관계를 나타내었다. 체측반문 변이, 형태분석 결과 및 유전자 분석결과 기름종개는 타 두 아종과 약 200만년전에 분화된 별종으로 사료된다. 기름종개(*C. t. taenia*)의 학명사용에 있어 이미 보고된 자료(핵형, 형태, 분포 등)들을 비교할 때 중국산 *C. sinensis*와 많은 차이가 있어 한국산 기름종개를 중국산 *C. sinensis* Sauvage and Dabry 의 synonym으로 보는 것은 타당성이 없다. 그러나 줄종개와 점줄종개는 형태 및 유전적 특징등을 고려할 때 아종으로 취급하는 것이 타당하리라 여겨지며 앞으로 이들에 대한 학명의 재검토가 요구된다.

REFERENCES

Aizawa, H., 1981. *Cobitis taenia* (Cobitidae) from Honshu, Japan. Jap. J. Ichthyol., **28:** 187-192 (in Japanese).

Avise, J.C., 1976. Genetic differentiation during speciation, In: Molecular evolution (Ayala, F.J., ed.), Sinauer Assoc. Inc., Sunderland, Massachusetts, pp. 106-122.

Banerscu, P., T.T. Nalbant and S. Chelmu, 1972. Revision and geographical variation of *Sabanejewia aurata* in Romania and the origin of *S. bulgarica* and *S. romanica* (Pisce, Cobitidae). Ann. Zool. Bot. Bratislava, **75:** 1-49.

Cheng, Q. and B. Zheng, 1987. Systematic synopsis of Chinese fishes. Science Press. Beijing, **1:** 120-123.

Hubbs, C.L. and K.F. Lagler, 1964. Fishes of the great lakes region. Univ. Michigan Press, **1:** 19-26.

Ikeda, H., 1936. On the sexual dimorphism and the taxonomical status of some Japanese loaches. *Zool. Mag.*, **49:** 4-8 (in Japanese).

Jeon, S.R., 1983. Studies on the distribution and key of Cobitidae fishes (Cypriniformes) from Korea. Bull. Sangmyung Women's Univ., **11:** 289-321.

Kim, I.S., 1980. A systematic study of the genus *Cobitis* from Korea. Ph.D. Dissertation, Chung Ang University.

Kim, I.S. and G.Y. Lee, 1988. Taxonomic study of the cobitid fish, *Cobitis lutheri* Rendahl and *C. striata* Ikeda (Cobitidae) from Korea. Kor. J. Syst. Zool., **4:** 91-102.

Kim, I.S. and M.T. Jeong, 1987. *Cobitis sinensis* (Pisces, Cobitidae) from Nakdong river, Kor. J. Zool., **30:** 71-78.

김익수 · 정만택, 1988. 한국산 점줄종개 *Cobitis taenia lutheri*의 계절적 반문변이. 한국생태학회지, **11:** 77-82.

김익수 · 이완옥, 1984. 섬진강의 유로변경이 동진강 어류군집에 미치는 영향. 한국수산학회지, **17:** 549-556.

Kim, J.B., J.H. Kim and S.Y. Yang, 1991. Geographic variation of lamina circularis in *Cobitis longicorpus*

(Pisces: Cobitidae). Kor. J. Zool., **34:** 103-109.

김재흡, 1985. 점줄종개와 줄종개의 잡종에 관한연구. 인하대학교 석사학위 청구논문. 39 pp.

Kim, J.H., 1992. Systematic study on the fishes of the Family Cobitidae (Pisces, Cypriniformes). Ph. D. dissertation, Inha Univ. Incheon.

김재흡, 박병상, 양서영, 1992. 한국산 기름종개(*C. taenia*) 3 아종의 반문변이에 관한 연구. 한국동물분류학회 1992년도 춘계학술발표회 요지록. p. 11.

Kim, J.H. and S.Y. Yang, 1993. Systematic studies of the genus *Cobitis* (Pisces: Cypriniformes) IV. Introgressive hybridization between two spined loach subspecies of the genus *Cobitis* (Pisces, Cobitidae). Kor. J. Zool., **36:** 535-544.

Lee, H.S., 1988. Studies on the Chromosome of *Cobitis* (Cypriniformes: Cobitidae) in Korea. Ph. D. Dissertation, Inha Univ., Incheon.

Lee, H.Y., H.S. Lee and C.S. Park, 1986. Karyotype analysis and geographical polymorphism in Korean *Cobitis*. Kor. J. Genet., **8:** 65-74.

Lodi, E., 1976. Effect of methyltestosterone on the formation of the Canestrini's organ in female *Cobitis taenia bilineata* Canestrini (Cobitidae, Osteicthyes). Monitore Zool. Ital. (N. S.), **10:** 135-140.

Nalbant, T., 1963. A study of genera of Botinae and Cobitinae (Pisces, Ostariophysi, Cobitidae). Trav. Mus. Hist. Nat. "Grigore antipa", PP. 343-379.

Nei, M., 1972. Genetic distance between populations. Amer. Natural., **106:** 283-292.

Nei, M., 1975. Molecular Population Genetics and Evolution. North-Holland publ. Co., Amsterdam.

Nie, N.H., C.H. Hull, J.G. Jenkins, K. Steinbrenner and D. H. Bent, 1975. SPSS, Statistical package for the social science. McGraw-Hill Book Co. pp. 434-462.

Rogers, J.S., 1972. Measure of genetic similarity and genetic distance. Studies in Genetics VII, Univ. Texas Publ., **7213:** 145-153.

Selander, R.K., 1976. Genic variations of natural populations, In: Molecular evolution (Ayala, F.J., ed.). Sinauer Assoc. Inc., Sunderland, Massachusetts, pp. 21-45.

Selander, R.K., M.H. Smith, S.Y. Yang, W.E. Johnson, and B. Gentry, 1971. Biochemical polymorphism and systematics in the genus *Peromyscus*. I: Variation in the old-field mouse (*Peromyscus poliontus*). Studies in Genetics VI, Univ. Texas Publ., **7103:** 49-90.

Swofford, D.L. and R.B. Selander, 1981. BIOSYS-1: FORTRAN program for the comprehensive analysis of electrophoretic data in population genetics. J. Heredit., **72:** 281-283.

Uchida, K., 1939. The Fishes of Korea. Bull. Fish. Exp. Sta. Gov. Gener. Korea, **1:** 330-346.

Vladycov, V.D., 1935. Secondary sexual dimorphism in some chinese cobitid fish. J. Morph., **57:** 275-302.

Yang, S.Y., B.S. Park, and J.H. Kim, 1989. Systematic studies of the genus *Cobitis* (Pisces: Cobitidae) in Korea. I. Geographic variations and classification of *Cobitis koreensis*. Kor. J. Zool., **32:** 242-251.

Yu, X., J. Tun, Z. Mi, L. Kang, and L. Yucheng, 1989. Chromosomes of chinese fresh-water fishes. Science Press, pp. 102-109.

RECEIVED: 20 September 1993
ACCEPTED: 20 October 1993